

2. ダスト計の精度に関する研究 —フィールド試験結果—

Studies on precision of Dust Monitors.

— Case of the Field Test —

石塚謙一・石田哲夫・永田正信・行方源六
寺部本次

Ken-ichi ISHIZUKA, Tetsuo ISHIDA
Masanobu NAGATA, Genroku NAMEKATA
Motoji TERABE

1. はじめに

浮遊粒子状物質を測定する自動測定機としては、従来から広く使用されている相対濃度測定法の光散乱式粉じん計と、ここ数年来検討が行われている重量濃度測定法があり、後者には、ピエゾバランス式粒子濃度計と β 線吸収式粒子濃度計がある¹⁾。今回は、これら自動測定機のフィールド試験を、基準測定機にサイクロンローボルを用いて比較測定を行った。その結果から、これらの自動測定機が常時監視用測定機としての実用性があるか、相関係数及び回帰式から比較検討を行い、同時にアンダーセンサンプラーの結果から粒度別粉じん濃度との関係も考察したので、これらの結果について報告する²⁾。

2. 測定方法

2.1 測定期間

昭和54年12月11日～昭和55年2月11日

一部 昭和55年2月12日～昭和55年2月22日

2.2 測定場所

川崎市公害研究所屋上(図1, 2に示す)

2.3 測定機及び測定条件

各測定機の使用機種及び測定条件を、表1に示した。

使用した測定機は、基準測定機としてサイクロンローボル(C.L.V.)を用い、自動測定機としてピエゾバランス計(Pz)、光散乱式粉じん計(D.D.)、それと粒度別粉じん濃度との関係³⁾をみるために、アンダーセンサンプラー(A.L.V.)を、それぞれ各機種1台を用いて測定を行い、 β 線吸収式粉じん

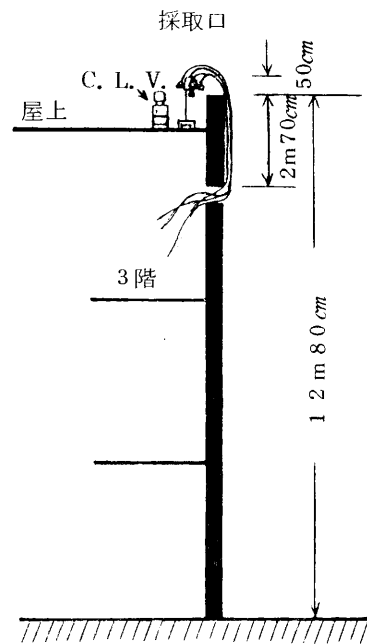


図1 測定機への配管系(採取口部)

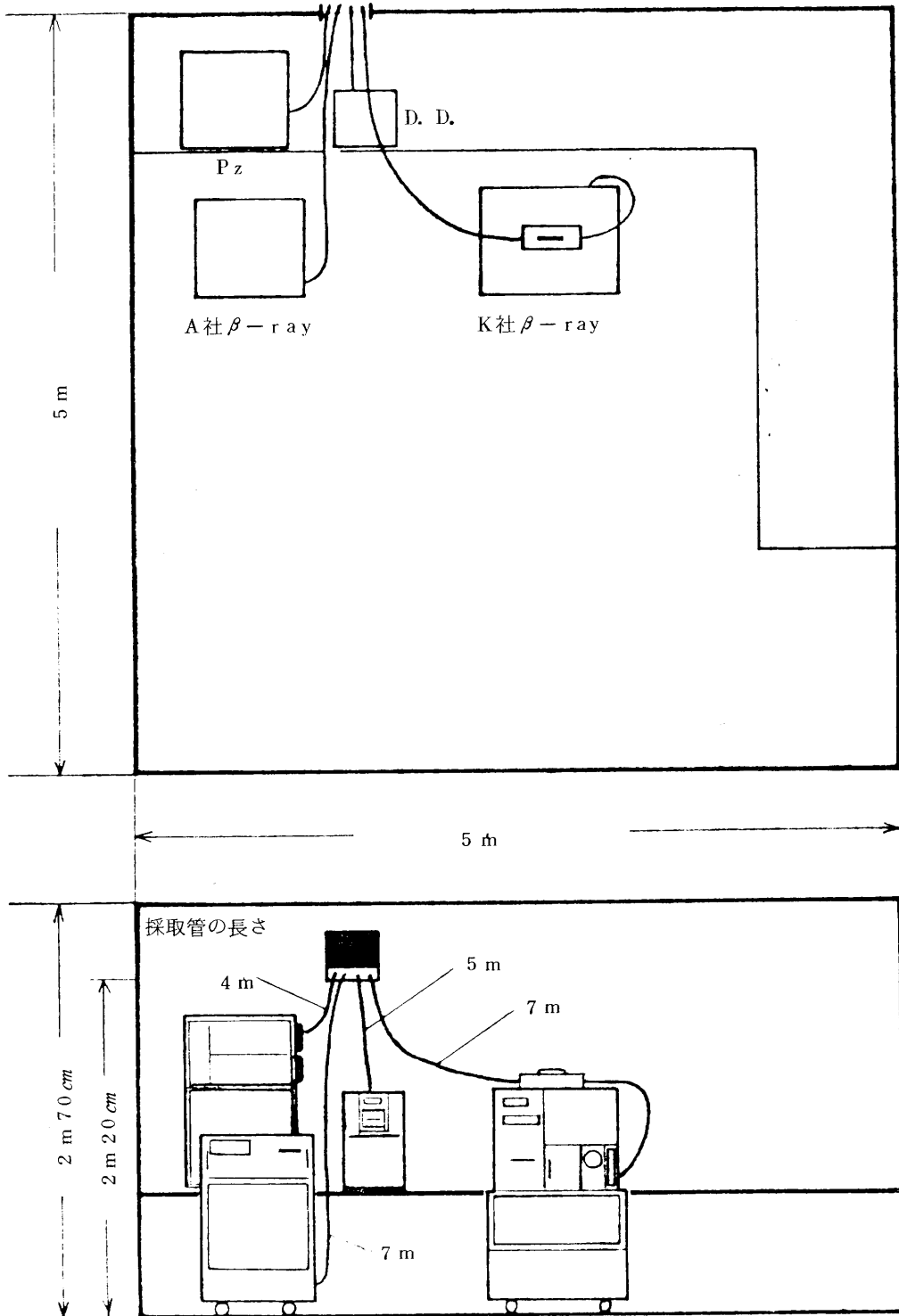


図2 測定機設置図，配管系図

表1 各測定機の測定条件

機種 測定条件	ピエゾバランス式 (Pz)	β 線吸収式 (A社 β -ray)	β 線吸収式 (K社 β -ray)	光散乱式 (D.D.)	Cyclon Low-Vol (C.L.V.)	Andersen Low-Vol (A.L.V.)
型式	5500	RTG-102	6001	AP-635	S2	AN-200
分粒方式	インパクター方式	サイクロン式	多段式	—	サイクロン式	—
吸引流量 (ℓ/分)	1	20	20	35	20	28.3
捕集径 (mm ϕ)	6.35	11	15	—	43	—
採取管の長さ (m)	4m (垂直3 水平1)	7m (垂直5 水平2)	7m (垂直5 水平2)	5m (垂直4 水平1)	—	—
採取管の材質	ポリエチレン	塩化ビニール	ポリエチレン	ビニール	—	—
採取管の口径 (mm ϕ)	10	15	10	18	—	—
使用する紙	—	ガラス繊維ろ紙 GS-25	テフロンろ紙 AF07P	—	ガラス繊維ろ紙 AP-20	ガラス繊維ろ紙 AP-20
測定時間 (10:00~10:00)	1時間値 (比較は、48時間の平均値)			—	48時間	6日間
保守・点検	洗剤および水の補充 (1回/4~6日) ニードルの交換 (1回/10日)	調整特になし	調整特になし	光散乱板校正 開始10count 46.2秒 終了10count 44.1秒	開始時サイクロン洗浄 流量校正	毎回サンプラー洗浄 流量校正

ん計 (β -ray) は、A社とK社の2台を用いて測定を行った。

次に、表1に示した条件は、採取管の長さを除き各メーカーの規格通り使用した。採取管の長さは、浮遊粒子状物質を測定するにあたり、自動測定機を用いる場合の問題点のひとつであると思われるので各機種に応じた長さで測定した。表に示す通り、Pzは、流量が1ℓ/分と低流量のため沈着等の問題を避けるよう特に長さ4mと短くし、 β -rayは、両社とも長さ7m、D.D.については、長さ5mとそれぞれ水平方向を避けて設置し測定を行った。

また、測定時間は、6日間を1サイクルとして、この間にC.L.V.では48時間測定(10時～10時)を3回、各自動測定機は、1時間毎、A.L.V.は、連続6日間行い合計8サイクル測定を行った。

3. 結果及び考察

3.1 C.L.V.値と、各自動測定機の値との比較結果について

C.L.V.と各自動測定機の48時間平均値と各サイクルの平均値及びA.L.V.による粒度分布測定結果を表2に示し、A.L.V.を除く5機種によるダスト濃度の経日変化を図3に示した。この結果をもとにして測定期間中の各機種の総平均値、標準偏差、最高・最低の値をまとめ表3に示した。期間中の粉じん濃度は、すべての測定機の結果をみると、約11~200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度範囲で、平均濃度は、約40~70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲であった。また、図3に示した経日変化(48時間値、24回)は、各測定機間の濃度差は生じたが、良く一致したパターンを示した。表3の中の多段式L.V.値の結果は、参考までに載せたが、C.L.V.値と比較してみると非常に良く一致した値を示した。

そこで、これらの結果とC.L.V.値を基準にした各測定機の値の比較をしてみるために、相関係数及び回帰式を求め検討してみた。その結果を表4及び図4に示した。

以上の結果から次のような知見が得られた。

(1) C.L.V.値と良い対応を示したもの

A社 β -rayとD.D.の値

(2) C.L.V.値に対して低い値を示したもの

PzとK社 β -rayの値

各機種ともC.L.V.との相関係数は、すべて0.99付近と非常に高い相関を示した。しかし、(1)のA社 β -rayとD.D.は、回帰式の傾き0.998と1.03と $Y=X$ に近い関係が得られたが、切片は、-7.61と-16.1と大きいためC.L.V.値に比べ幾分低い値を示す傾向であった。また、(2)のPzとK社 β -rayの値は、回帰式の傾きが0.796と0.636と小さく、切片は特にPzで-14.1と大きく、ともにC.L.V.値に比べ低い値を示した。

3.2 粒度別粉じん濃度の関係について

各測定機の6日間の平均濃度とA.L.V.の各ステージに捕集された粉じん濃度との、単相関係数

表2 フィールド測定結果

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	機 種	Cyclon Low-Vol	ピエゾ バランス	β 線		光散乱式 デジタル	Andersen Low-Vol				
				A社	K社		ステージ	粒径範囲 (μm)	ステージ別 濃 度		
1	昭和54年 12月11日 { 12月17日	1	12/11 [※] ~13	81.2	51.0	78.8	50.3	60.0	0	11以上	10.0
									1	11~7	6.2
									2	7~4.7	9.1
		2	13~15	85.7	53.6	81.6	49.4	60.5	3	4.7~3.3	8.0
									4	3.3~2.1	5.1
									5	2.1~1.1	7.6
		3	15~17	64.8	38.3	58.4	33.0	46.3	6	1.1~0.65	13.7
									7	0.65~0.43	9.5
									B	0.43以下	16.2
		平均濃度		77.0	47.6	72.9	44.2	55.6	総 量		85.4
2	12月18日 { 12月24日	1	12/18 ~20	179.3	139.2	180.5	118.1	177.5	0	11以上	9.7
									1	11~7	7.4
									2	7~4.7	11.3
		2	20~22	183.8	139.1	175.0	112.0	167.0	3	4.7~3.3	11.9
									4	3.3~2.1	9.1
									5	2.1~1.1	15.5
		3	22~24	48.8	36.8	46.6	28.3	46.0	6	1.1~0.65	28.1
									7	0.65~0.43	20.6
									B	0.43以下	28.4
		平均濃度		135.3	105.0	134.0	86.1	130.1	総 量		142.0
3	12月25日 { 12月31日	1	12/25 ~27	60.6	34.0	55.1	39.2	39.5	0	11以上	12.2
									1	11~7	7.1
									2	7~4.7	9.7
		2	27~29	69.4	38.3	64.8	43.2	51.0	3	4.7~3.3	9.7
									4	3.3~2.1	6.8
									5	2.1~1.1	10.0
		3	29~31	170.9	114.3	159.5	117.7	171.1	6	1.1~0.65	18.0
									7	0.65~0.43	16.6
									B	0.43以下	20.9
		平均濃度		99.0	62.2	93.1	66.7	87.2	総 量		111.0
4	昭和55年 1月8日 { 1月14日	1	1/8~10	114.0	62.4	100.1	75.6	88.3	0	11以上	8.0
									1	11~7	5.3
									2	7~4.7	7.3
		2	10~12	43.1	17.3	38.1	30.7	30.5	3	4.7~3.3	7.3
									4	3.3~2.1	5.4
									5	2.1~1.1	9.3
		3	12~14	89.9	49.3	76.1	52.7	81.7	6	1.1~0.65	16.2
									7	0.65~0.43	13.1
									B	0.43以下	20.0
		平均濃度		82.4	43.0	71.5	53.0	66.9	総 量		91.9

※ 10時~10時

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

機 種	Cyclon Low-Vol	ピエゾ バランス	β 線		光散乱式 デジタル	Andersen Low-Vol					
			A 社	K 社		ステ ージ	粒径範囲 (μm)	ステ ージ別 濃 度			
5	1月15日 ┌ 1月21日	1	1/15~17	47.1	21.6	41.1	32.3	27.8	0	11以上	13.5
									1	11~7	6.4
									2	7~4.7	7.9
	2	17~19	36.1	15.7	33.3	28.9	19.3	3	4.7~3.3	7.4	
								4	3.3~2.1	3.5	
								5	2.1~1.1	5.0	
	3	19~21	73.6	45.6	63.4	43.9	55.5	6	1.1~0.65	8.6	
								7	0.65~0.43	6.8	
B								0.43以下	12.9		
平均濃度		52.3	27.6	45.9	35.0	34.2	総 量		72.0		
6	1月22日 ┌ 1月28日	1	1/22~24	54.8	30.7	51.6	35.9	36.0	0	11以上	18.7
									1	11~7	8.0
									2	7~4.7	10.1
	2	24~26	28.8	11.4	26.0	22.8	17.4	3	4.7~3.3	8.5	
								4	3.3~2.1	4.6	
								5	2.1~1.1	5.2	
	3	26~28	79.2	51.7	64.8	45.7	59.4	6	1.1~0.65	8.5	
								7	0.65~0.43	7.0	
B								0.43以下	13.3		
平均濃度		54.1	31.3	47.5	34.8	37.6	総 量		83.9		
7	1月29日 ┌ 2月4日	1	1/29~31	37.7	14.9	28.1	32.2	34.0	0	11以上	11.1
									1	11~7	4.6
									2	7~4.7	6.1
	2	31~2/2	30.0	11.4	23.1	24.0	17.6	3	4.7~3.3	5.6	
								4	3.3~2.1	3.7	
								5	2.1~1.1	4.4	
	3	2~4	39.7	20.6	29.5	24.9	29.8	6	1.1~0.65	7.3	
								7	0.65~0.43	6.1	
B								0.43以下	9.4		
平均濃度		35.8	15.6	26.9	27.0	27.1	総 量		58.3		
8	2月5日 ┌ 2月11日	1	2/5~7	53.7	24.1	38.3	34.6	41.1	0	11以上	12.8
									1	11~7	6.7
									2	7~4.7	8.1
	2	7~9	61.1	32.9	45.2	39.1	44.0	3	4.7~3.3	6.6	
								4	3.3~2.1	4.2	
								5	2.1~1.1	5.2	
	3	9~11	37.2	17.4	24.3	17.1	25.4	6	1.1~0.65	9.6	
								7	0.65~0.43	8.6	
B								0.43以下	13.8		
平均濃度		50.7	24.8	35.9	30.3	36.8	総 量		75.6		

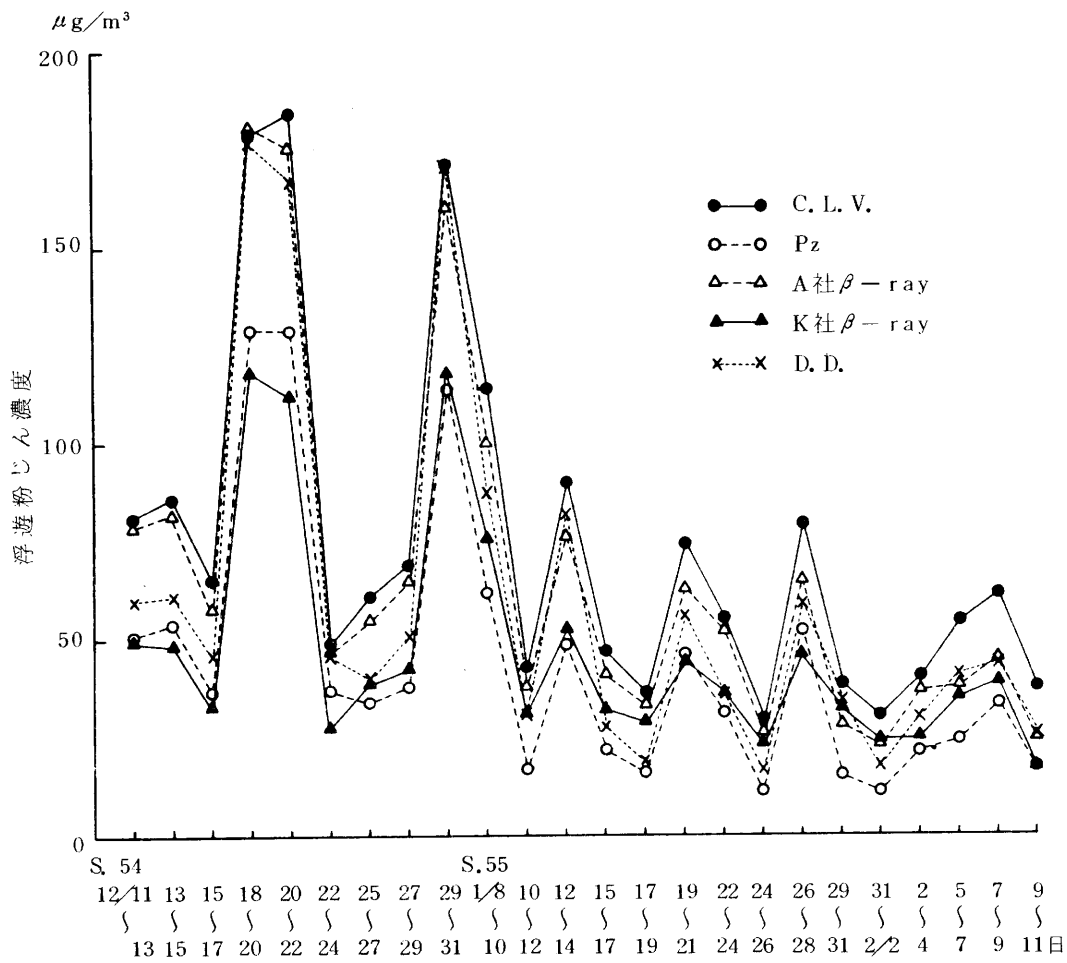


図3 5機種の経日変化(48時間値, 24回)

表3 測定結果の比較

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

対象測定機	MEAN	S. D.	MAX.	MIN.
C. L. V.	73.8	44.4	184	28.8
Pz	44.7	35.8	139	11.4
A社 β -ray	66.0	44.6	181	23.1
K社 β -ray	47.2	28.6	118	17.1
D. D.	59.4	46.1	178	17.4
多段式 L. V.	74.2	44.1	184	30.4

表4 C.L.V. 値と各測定機の値との関係

$$Y = A [\text{C.L.V. 値}] + B$$

C.L.V./Y	N	r	A	B
/Pz	24	0.988	0.796	-141
/A社 β -ray	24	0.994	0.998	-76.1
/K社 β -ray	24	0.987	0.636	0.265
/D.D.	24	0.989	1.03	-16.1
/多段式L.V.	24	0.997	0.989	1.20

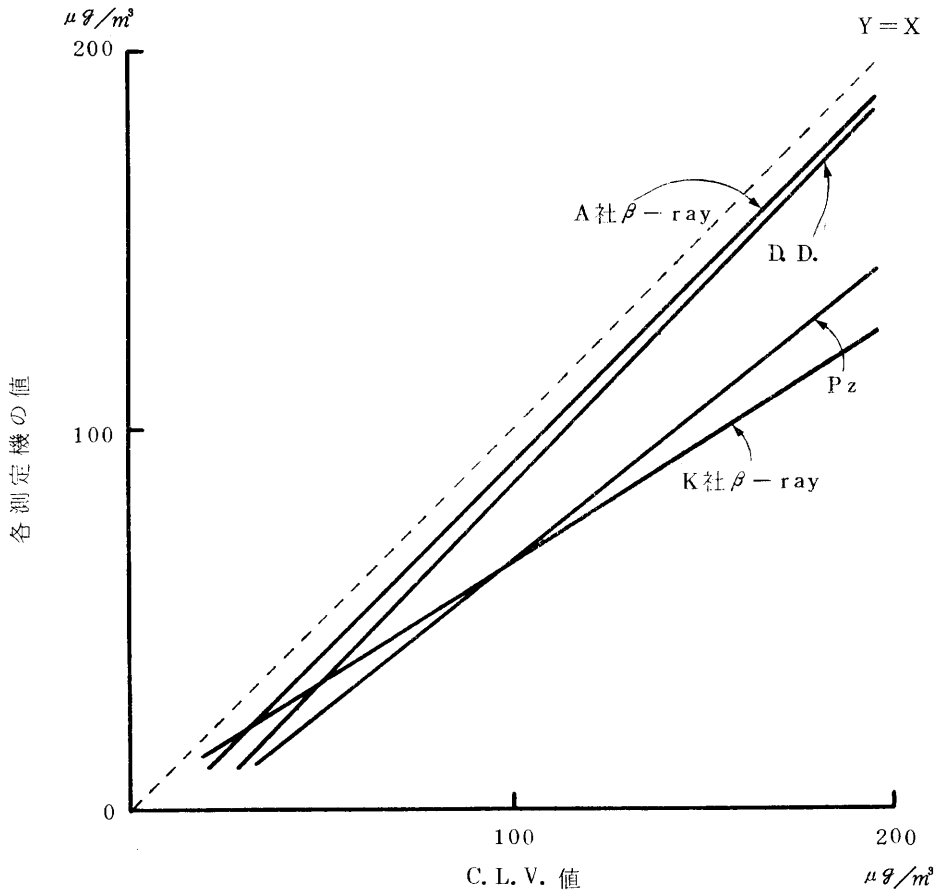


図4 C.L.V. 値と各測定機の値との相関

表5 各測定機(X)とA.L.V.(Y)のステージ別累積濃度との回帰式及び相関係数

C.L.V. (n=18)		
ステージ	回 帰 式	r
0	$Y_0 = 0.984X + 20.8$	0.950
1	$Y_1 = 1.00X + 8.9$	0.961
2	$Y_2 = 0.978X + 4.6$	0.961
3	$Y_3 = 0.926X + 0.1$	0.957
4	$Y_4 = 0.855X - 3.0$	0.953
5	$Y_5 = 0.788X - 3.6$	0.951
6	$Y_6 = 0.643X - 2.1$	0.955
7	$Y_7 = 0.402X - 0.1$	0.954
B	$Y_B = 0.251X + 0.3$	0.933

Pz (n=17)		
ステージ	回 帰 式	r
0	$Y_0 = 1.14X + 32.3$	0.933
1	$Y_1 = 1.17X + 20.7$	0.954
2	$Y_2 = 1.14X + 16.2$	0.957
3	$Y_3 = 1.08X + 11.0$	0.958
4	$Y_4 = 0.997X + 7.2$	0.956
5	$Y_5 = 0.918X + 5.7$	0.955
6	$Y_6 = 0.744X + 5.8$	0.952
7	$Y_7 = 0.458X + 5.2$	0.938
B	$Y_B = 0.293X + 3.2$	0.942

β -ray A社 (n=8)		
ステージ	回 帰 式	r
0	$Y_0 = 0.723X + 42.3$	0.975
1	$Y_1 = 0.761X + 27.8$	0.985
2	$Y_2 = 0.748X + 22.2$	0.986
3	$Y_3 = 0.713X + 15.8$	0.983
4	$Y_4 = 0.661X + 11.1$	0.978
5	$Y_5 = 0.609X + 9.2$	0.977
6	$Y_6 = 0.504X + 8.4$	0.975
7	$Y_7 = 0.309X + 7.5$	0.968
B	$Y_B = 0.167X + 5.9$	0.972

β -ray K社 (n=8)		
ステージ	回 帰 式	r
0	$Y_0 = 1.24X + 31.6$	0.975
1	$Y_1 = 1.31X + 16.4$	0.987
2	$Y_2 = 1.29X + 10.8$	0.990
3	$Y_3 = 1.23X + 4.8$	0.991
4	$Y_4 = 1.14X + 0.8$	0.988
5	$Y_5 = 1.06X - 0.4$	0.988
6	$Y_6 = 0.875X + 0.4$	0.987
7	$Y_7 = 0.540X + 2.5$	0.986
B	$Y_B = 0.287X + 3.2$	0.978

D.D. (n=18)		
ステージ	回 帰 式	r
0	$Y_0 = 0.892X + 33.4$	0.914
1	$Y_1 = 0.924X + 20.9$	0.969
2	$Y_2 = 0.905X + 16.1$	0.974
3	$Y_3 = 0.863X + 10.5$	0.977
4	$Y_4 = 0.801X + 6.4$	0.977
5	$Y_5 = 0.739X + 5.0$	0.976
6	$Y_6 = 0.600X + 5.1$	0.976
7	$Y_7 = 0.372X + 4.6$	0.967
B	$Y_B = 0.236X + 3.0$	0.960

表6 ピエゾバランスとCyclon Low-Volの測定結果

期間：昭和55年2月12日10:00~2月22日10:00

(18時間測定, 5回)

条件：等速吸引装置付きピエゾバランス計を使用

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

機 種	測定日	2/12~14	14~16	16~18	18~20	20~22
		ピエゾバランス	—	344	294	69.3
	フィルターオンブリンク	43.5	542	36.8	71.7	28.3
Cyclon Low-Vol		42.4	531	36.4	74.7	30.7

及び累積濃度との関係を調べてみると、表には示さなかったが、単相関係数の結果からは、各測定機ともステージNo.3以下の粉じん濃度との相関が高く、いずれも0.8以上の相関係数を示していた。従って捕集粒径 $4.7\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子状物質濃度との関係が強いことを示した。

また、各ステージ別の濃度を、分級粒径の小さいステージから累積したステージ別累積濃度と各測定機の結果を比較した。それぞれのステージ別累積濃度（ Y_n ： n ステージ以下に採取された粉じん濃度、 n は0～Bまでの9段を示す）と各測定機の値（ X ）との回帰式及び相関係数を求めその結果を表5に示した。今回のA.L.V.測定結果では、データ数が少いため表に示したC.L.V.、 P_z とD.D.の n の数は、同時に測定を行った横浜市の結果⁴⁾を加えて関係をみた。表5の結果から考察すると、C.L.V.は第1ステージ（ $11\mu\text{m}$ ）以下、 P_z は第4ステージ（ $3.3\mu\text{m}$ ）以下、 $\beta\text{-ray}$ は両社とも第5ステージ（ $2.1\mu\text{m}$ ）以下、D.D.は第1ステージ（ $11\mu\text{m}$ ）以下の粉じん濃度と高い相関を示した。 $\beta\text{-ray}$ の両社を比べると、相関係数からは同様な結果を得た。しかし、回帰式からみると、 $\beta\text{-ray}$ のA社については、K社と異なりすべてのステージにおいて回帰式の傾きが小さく、切片が大きいという結果であり、これはD.D.と同様な傾向を示した。 P_z の第4ステージ以下の粉じん濃度と高い相関を示した結果については、測定方法でも述べたが吸引流量 $1\ell/\text{分}$ と低流量での測定であったことから、参考に等速吸引流量付きの空気吸引装置で（流量 $21\ell/\text{分}$ ）吸引し、その内の 1ℓ を用いて測定した場合と比較を行った。その結果、表6に示す通り等速吸引装置付きの方が約2割高い実測結果を得ており、この結果を考えると累積濃度との関係を推定すると、捕集粒径 $3.3\mu\text{m}$ よりやや大きいところで高い相関を示すものと思われる。

4. まとめ

今回の測定は、ダスト計の精度に関する研究の一環として行ったものである。各種測定機を並べ、C.L.V.の48時間測定を基準にして、各自動測定機の値と比較検討を行った。結果は、C.L.V.値と各自動測定機の値との間には、いずれも非常に高い相関が得られた。特にA社 $\beta\text{-ray}$ とD.D.の値がC.L.V.値と比べ良い対応を示していた。一方、 P_z とK社 $\beta\text{-ray}$ の値は、全般的に低い傾向であった。ただし、本測定は、測定場所が川崎市の1地点であり、期間も昭和54年12月～昭和55年2月の2か月間（冬期）という短期間測定であったので、さらに、測定地域及び測定期間（季節）等の条件を変えて比較測定を行い、多くのデータをとる必要があると思われる。

次に、A.L.V.の粒度別の比較結果は、累積濃度との関係からみて、C.L.V.、D.D.、 P_z 、 $\beta\text{-ray}$ の順で粒径の小さい粉じん濃度と高い相関を示すという傾向であり、やはり機種により異なる結果を示した。

このような現状で常時監視用測定機として使用するには、多少問題が残っているように思われた。今回の測定では、データ数も少く、また、これらの機器を使用していく上で、分粒方式、流量（これには吸引流量と流量の安定性を含む）、使用する紙、配管の長さや口径、測定機の維持管理等多く

5)
の検討が必要であり、今後の課題と考える。

参考文献

- 1) 環境庁，浮遊粒子状物質の測定法に関する調査報告書，1977
- 2) 石塚謙一他：第21回大気汚染学会講演要旨集，331，1980
- 3) 石田哲夫他：川崎市公害研究所年報，No.7，43～53，1979
- 4) 岡山県，自動測定機器等の精度に関する研究（ダスト計），環境庁委託業務結果報告書，1979
- 5) 野上祐作他：第21回大気汚染学会講演要旨集，330，1980